

Programma di DINAMICA E REGOLAZIONE DELLE MACCHINE E DEI SISTEMI ENERGETICI (cod. 60318)

A.A. 2015-2016

Introduzione allo studio dei servocomandi (Scheda A)

Presentazione del corso e modalità di esame.

Generalità sui servosistemi, con riferimento ai sistemi energetici. Esempio di servosistema: il servosterzo. Esempio: regolazione velocità di turbina a vapore. Trasduttori di portata, pressione, temperatura.

Esercizi¹: A1) Controllo semplificato di una turbina a vapore

Richiami di studio matematico dei sistemi dinamici (Scheda B)

Procedimento classico di studio di un sistema fisico. Equazioni differenziali ordinarie: integrale dell'omogenea associata, integrale particolare.

Esercizi: B1) Massa-molla-smorzatore

Richiami di modelli dinamici lineari (Scheda C)

Sistemi a stati continui e stati discreti. Linearizzazione. Richiami di: trasformata secondo Laplace, funzioni di trasferta, poli e zeri, risposta in frequenza, diagramma di Bode, filtri di segnale.

Esercizi: C1) Linearizzazione dello schema elettrico di Fig. 3.1, con disturbi esterni. C2) Modello dinamico a stati (esempio 3.6). C3) Linearizzazione di un serbatoio piezometrico. C4) Linearizzazione di un serbatoio di gas (plenum).

Sistemi digitali (Scheda D)

Campionamento dati. Trasformata z. Cenni all'integrazione numerica. Cenni alle macchine a stati tramite Stateflow.

Controllo PID classico (Scheda E)

Struttura del PID. Tuning mediante Ziegler-Nichols oscillation method. Tuning mediante la curva di reazione.

Esercizi: E1) Integratore e derivatore discreti, E2) Tuning empirico di controllore PID per fornace.

Modelli dinamici di sistemi energetici (Scheda F)

Equazioni di base. Il modello "dynamic" e "lumped volume". Il componente "plenum". Caratterizzazione temporale.

Esercizi: F1) Modello di plenum. F2) Compilazione automatica di modelli.

Componentistica principale e modelli dinamici (Scheda G)

Flussi e componenti Active/Inactive. Mixer-splitter. Matcher. Le valvole di controllo. Albero rotante. Piping. Scambiatore di calore. Compressore dinamico. Espansore dinamico (a gas e a vapore). Combustore di turbina a gas. Generatore elettrico.

Esercizi: G1) Modello di shaft. G2) Modello di pipe. G3) Esempio di network di aria compressa.

¹ Tutti gli esercizi vengono svolti in laboratorio al calcolatore mediante il software di simulazione dinamica MATLAB-Simulink ©

Controllo delle turbine a gas (Scheda H)

Controllo di una turbina a gas. Controllo di una microturbina a gas. Rappresentazione matematica semplificata di una turbina a gas.

Esercizi: H1) Off-design di mGT. H2) Dinamica e controllo di mGT con e senza volume. H3) Instabilità di un sistema pompa/serbatoio.

Controllo degli impianti (Scheda I)

Controllo dei cicli combinati. Regolazione primaria, secondaria, terziaria della rete elettrica.

Progetto d'esame

L'esame consta di una domanda orale ed una discussione di un progetto autonomamente proposto da un gruppo di studenti (e precedentemente approvato dal docente). Di seguito vengono riportati alcuni esempi:

Esempio 1: modellizzazione dinamica in Matlab-Simulink di un compressore per il pompaggio del gas naturale accoppiato al gasdotto, ed implementazione del relativo controllo PID.

Esempio 2: modellizzazione dinamica in Matlab-Simulink di una caldaia di produzione di vapore e relativo network di trasporto di vapore di processo, con valvole di parzializzazione e relativo sistema di controllo.

Esempio 3: modellizzazione dinamica in Matlab-Simulink di un Auxiliary Power Unit (microturbina a ciclo semplice) per aerei passeggeri, ed implementazione del relativo controllo di velocità.

Esempio 4: realizzazione di un sistema di controllo prototipale tramite Arduino

Il gruppo, formato da 2-3 studenti, dovrà presentare preventivamente all'orale il modello Matlab/Simulink funzionante, ed una relazione con i seguenti contenuti:

- descrizione del problema fisico e schema di impianto
- descrizione del modello matematico
- dati numerici ed assunzioni
- logica di controllo e metodo di impostazione dello stesso, mostrando l'eventuale curva di reazione o oscillazione critica
- commento ai risultati, mostrati tramite grafici, ed evitando screenshot dallo "scope" (cioè evitare sfondo nero e linee chiare).

2020 ed oltre (Scheda Z)

Cenni al Model Predictive Control. Controllo degli impianti a vapore. Controllo di microturbina in combustione esterna. Controllo di turbogetto e turbo fan. Instabilità dei sistemi di compressione.

BIBLIOGRAFIA

- G. Bacchelli, F. Danielli, S. Sandolini, "Dinamica e Controllo delle Macchine a Fluido", Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, Officine Grafiche Pitagora-Tecnoprint.
- G.C. Goodwin, S. F. Graebe, M. E. Salgado, "Control System Design", Prentice Hall, 2001, disponibile all'indirizzo <http://csd.newcastle.edu.au/index.html>
- R. Kehlhofer, B. Rukes, F. Hannemann, F. Stirnimann, "Combined-Cycle Gas Steam Turbine Power Plants", Pennwell Corp., 2009.

Copia del programma e informazioni circa il reperimento del materiale bibliografico indicato vengono fornite direttamente dal Docente.

Le dispense sono reperibili su [aula web](#).